УДК 681.3.068

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВЫБОР, РАЗМЕЩЕНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

С.Я. Егоров[1], С.Ю. Бойков[2], К.В. Немтинов[1]

Кафедра «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», ГОУ ВПО «ТГТУ» (1); кафедра «Информационные системы и технологии», ГОУ ВПО «Ярославский государственный технический университет» (2), г. Ярославль; nemtinov@mail.gaps.tstu.ru

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым

Ключевые слова и фразы: визуализация технических объектов; процедурные модели; размещение и визуализация трубопроводной арматуры; трубопроводная арматура.

Аннотация: Рассмотрены процедуры автоматизированного выбора, размещения и визуализации трубопроводной арматуры химических производств.

Под термином «трубопроводная арматура» понимается устройство [1], устанавливаемое на трубопроводах, агрегатах, сосудах и предназначенное для управления (отключения, распределения, регулирования, сброса, смешивания, фазоразделения) потоками рабочих сред (жидкой, газообразной, газожидкостной, порошкообразной, суспензии и т.п.) путем изменения площади проходного сечения. Основными параметрами арматуры являются: условный проход D_y (согласно ГОСТ 28338–89) и условное давление P_y (согласно ГОСТ 26349–84). По функциональному назначению арматуру разделяют: на запорную, регулирующую, распределительно-смесительную, предохранительную, защитную и фазоразделительную; а по конструктивным типам различают: задвижки, клапаны, краны, затворы.

В связи с большим разнообразием выпускаемых промышленностью типов промышленной трубопроводной арматуры, характеризующихся одинаковыми основными параметрами, возникает необходимость выбора такой арматуры, которая бы отвечала множеству требований R.

Процедурная модель выбора трубопроводной арматуры

Процедурная модель автоматизированного выбора арматуры, характеризующейся одинаковыми основными потребительскими параметрами D_y и P_y, включает два основных этапа [2].

На *первом этапе* выбора для заданных D_y^{zad} и P_y^{zad} формируется подмножество типов арматуры, выпускаемых промышленностью $T^{\text{zad}} \subset T$, где T – множество всех типов промышленной трубопроводной арматуры. Формирование T^{zad} осуществляется с использованием базы данных типов арматуры.

На *втором этапе* выбора арматуры среди подмножества типов T^{zad} нужно выбрать такой тип, который бы удовлетворял некоторому подмножеству потребительских требований (показателей) $R^{\text{zad}} \subset R$.

Математически задачу выбора арматуры можно сформулировать следующим образом: для заданного функционального назначения, основных потребительских параметров D_y^{zad}, P_y^{zad} и эксплуатационных показателей $R^{\text{zad}} \subset R$ найти такой тип арматуры, для которого справедливо следующее

$$t_{\text{opt}} = \arg\min_{t \in T^{\text{zad}}} F(t), \tag{1}$$

при условии, что с позиций используемых эксплуатационных показателей применение *t*-го типа арматуры возможно

$$O_\gamma(t) \neq 0, \ r \in R^{\text{zad}}, \ t \in T^{\text{zad}}, \tag{2}$$

где $O_\gamma(t)$ – количественная оценка *r*-го показателя для *t*-го типа арматуры.

Наиболее прогрессивным методом решения этой задачи, по нашему мнению, является применение экспертных систем.

Процедурная модель размещения трубопроводной арматуры

Вариант размещения трубопроводной арматуры на технологических трубопроводах зависит от ряда факторов, основными из которых являются: характеристики размещаемой арматуры (тип, назначение, условный диаметр, материал, длина и высота, тип привода); сведения из технических паспортов о требованиях к установке арматуры на трубопроводе; разнообразные ведомственные инструкции, правила по технике безопасности, ремонту и обслуживанию арматуры, а также конструкционные и технологические ограничения, невыполнение которых может привести к проблемам по установке, ремонту, замене арматуры или к ее неправильной работе.

Основные ограничения математической модели, сформулированные на основе перечисленных выше требований, включают [3]:

– условия вертикального или горизонтального расположения арматуры на трубопроводе;

– ограничения на минимальное расстояние между трубопроводной арматурой, установленной на разных трассах, которое должно быть не менее допустимого;

– ограничения на минимальное расстояние между трубопроводной арматурой и аппаратами;

– ограничения на минимальное расстояние между трубопроводной арматурой и строительными конструкциями;

– условие непересечения трубопроводной арматуры с аппаратами, строительными конструкциями и запретными зонами;

– для удобства обслуживания расстояние до ручного привода трубопроводной арматуры от уровня пола помещения или площадки, с которой производят обслуживание, должно быть не более регламентированного нормативно-технической документацией;

– соответствие диаметров штуцера аппарата и трубопроводной арматуры. Это условие показывает, что если диаметры штуцера аппарата больше диаметра трубопровода, то между арматурой и штуцером устанавливается переходное устройство.

Критерий задачи размещения трубопроводной арматуры

Размещение трубопроводной арматуры оценивается рядом величин, таких как удобство обслуживания, надежность, экономичность, ремонтопригодность и т.д. Так как критерии надежности и ремонтопригодности использовались в задаче выбора трубопроводной арматуры, то в задаче размещения целесообразно использовать аддитивный критерий, включающий следующие составляющие:

S_1 – месторасположение арматуры на трассе;

S_2 – удобство обслуживания;

S_3 – дополнительные затраты на возведение площадки для обслуживания арматуры;

S_4 – расстояние от арматуры до аппарата источника (приемника).

Таким образом, критерий размещения арматуры имеет вид

$$S = \sum_{i=1}^{4} S_i \ . \qquad (3)$$

Процедура решения задачи размещения арматуры

При решении задачи размещения трубопроводной арматуры конфигурация трубопроводов известна. Необходимо найти оптимальное расположение арматуры на участке трубопровода, к которому она привязана по технологической схеме.

Алгоритм заключается в следующем:

– выбирается шаг, с которым будет осуществляться изменение расчетных координат размещаемой арматуры;

– перебираются возможные варианты расположения арматуры на определенном участке трубопровода;

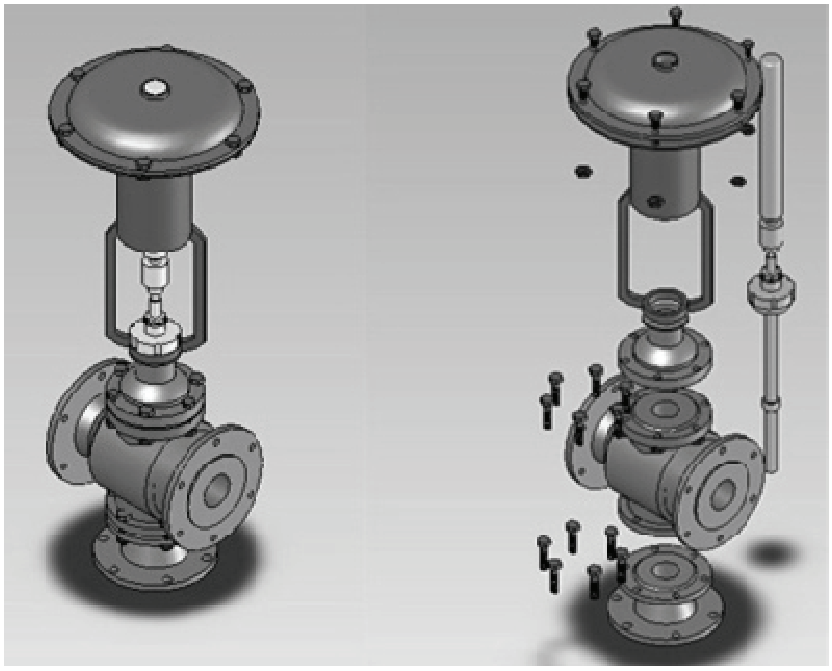
– осуществляется проверка ограничений по высоте расположения от площадок обслуживания размещаемой арматуры;

– из всех вариантов, удовлетворяющих ограничениям по высоте размещения, выбирается тот, при котором расстояние от размещаемой арматуры до ближайшей площадки обслуживания минимальное.

Визуализация трубопроводной арматуры

В основные функции интерфейса пользователя при работе с пакетом программ выбора и размещения трубопроводной арматуры входит отображение текущей информации о технических параметрах выбранной арматуры, а также визуализация графического образа арматуры в удобном для пользователя виде (рисунок).

В функции визуализации входит формирование графического представления 3D-объекта и 2D-чертежей по информации, полученной из СУБД.



Пример визуализации трубопроводной арматуры:
клапан смесительный трехходовой мембранный 27ч5нж

Заключение

На основе представленных аналитических и процедурных моделей выбора и размещения трубопроводной арматуры, а также их графического представления в виде трехмерных геометрических моделей разработана учебно-исследовательская система выбора и размещения трубопроводной арматуры, которая используется студентами Тамбовского государственного технического университета в учебном процессе при выполнении лабораторных работ, курсовых и дипломных проектов, а также полезна при проектировании новых и реконструкции существующих химических производств.

Работа выполнена в рамках государственного контракта № 14.740.11.0961 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы».

Список литературы

1. Арматура-2000. Номенклатурный каталог-справочник по трубопроводной арматуре, выпускаемой в СНГ. – М. : ОАО «МосЦКБА», 2000. – 658 с.

2. Методика автоматизированного выбора арматуры при проектировании трубопроводных сетей / С.Я. Егоров [и др.] // Вест. Тамб. гос. техн. ун-та. – 1993. – Т. 9, № 2. – С. 252–260.

3. Автоматизированная информационная система поддержки проектных решений по компоновке промышленных объектов / С.Я. Егоров [и др.] // Информ. технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 1. – С. 33–39.

Automated Selection, Placement and Visualization of Pipeline Fittings of Chemical Industry

S.Ya. Egorov[1], S.Yu. Boykov[2], K.V. Nemtinov[1]

Department "Computer-Aided Design of Technological Equipment", TSTU (1); Department "Information Systems and Technologies", Yaroslavl State Technical University (2), Yaroslavl; nemtinov@mail.gaps.tstu.ru

Key words and phrases: pipeline fitting; placement and visualization pipeline fittings; procedural models; visualization of technical objects.

Abstract: The paper discusses the procedures for automated selection, placement and visualization of pipeline fittings for chemical production.

Automatisierte Auswahl, Aufstellen und Visualisation der rohrleitfähigen Armatur der chemischen Produktionen

Zusammenfassung: Es sind die Prozeduren der automatisierten Auswahl, Aufstellen und Visualisation der rohrleitfähigen Armatur der chemischen Produktionen betrachtet.

Choix automatisé, exposition et visualisation de l'armature de conduite d'eau des industries chimiques

Résumé: Sont examinées les procédures du choix automatisé, de l'exposition et de la visualisation de l'armature de conduite d'eau des industries chimiques.

Авторы: ***Егоров Сергей Яковлевич*** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», ГОУ ВПО «ТГТУ»; ***Бойков Сергей Юрьевич*** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные системы и технологии», ГОУ ВПО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль; ***Немтинов Кирилл Владимирович*** – студент, ГОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: ***Литовка Юрий Владимирович*** – доктор технических наук, профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования», ГОУ ВПО «ТГТУ».